doi:10.13866/j.azr.2019.01.15

荒漠草原中间锦鸡儿(*Caragana intermedia*)冠层穿透雨的发生与分布特征①

杨新国[1,2,3], 古君龙[1,2,3], 王 兴[1,2,3], 陈 林[1,2,3], 王 磊[1,2,3], 宋乃平[1,2,3], 曲文杰[1,2,3]

(1. 宁夏大学西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地,宁夏 银川 750021;
2. 宁夏大学退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室,宁夏 银川 750021;
3. 宁夏大学西部生态与生物资源开发联合研究中心,宁夏 银川 750021)

摘 要: 为进一步认识荒漠草原带状人工中间锦鸡儿林(*Caragana intermedia*)植被稳定性维持的生态水文过程机制,通过对行生和散生中间锦鸡儿冠层穿透雨的对比研究,结果表明:① 两者对降水变化响应显著,但是差异不显著。散生和行生中间锦鸡儿穿透雨百分比变化范围分别为25.6% ~96.5%(Cv = 23%)和25.4% ~96.1%(Cv = 19%),穿透雨量均值分别为7.55 mm和7.40 mm。穿透雨量与降雨量、降雨历时、降雨强度都具有极显著的线性回归关系,但是穿透雨百分比与降水特征参数以幂函数关系为主。② 冠层下穿透雨分布存在明显的空间异质性。穿透雨百分比普遍随距灌丛基部距离的增大而线性增大。"旱区"集中出现在散生中间锦鸡儿灌木的基部,向外百分比逐步提高;行生中间锦鸡儿则出现了多个旱区和雨极镶嵌分布的情况。

关键词: 穿透雨; 中间锦鸡儿; 空间异质性; 降水特征; 荒漠草原; 盐池县

干旱地区点状或带状植被分布格局的形成往往受土壤水分稀缺和高度降水波动的限制[1]。作为沙化草地治理的产物,人工带状中间锦鸡儿林在中国西北保有很高的存林面积,伴随人工林进入成龄阶段,土壤旱化普遍发生,灌木自身也开始进入衰退阶段[2-4],这种特殊的带状植被格局能否继续维持,也是当前迫切需要回答的问题。

由于冠层尺度降水再分配过程对于旱区植被具有重要的生态水文意义,充分认识植被对降水再分配的作用,对于理解旱区点状或带状植被格局的形成与维持十分关键[5-7]。穿透雨是冠层降水再分配的一种重要组分[8],影响着土壤水分和养分的空间分布[9-10]、水土流失过程[11]等生态水文与生物地化过程。对于干旱地区人工灌木林水分平衡机制而言,穿透雨发生规律与形成机制研究具有重要意义。生物和环境因子都可以引起穿透雨的变化,这些因子包括冠层结构形态[12]、降水特征[13-14]以及不同因子间的交互作用[15],但是相关过程机制研究尚未深入,相较于树干茎流和降水截留过程,旱区灌木,特别是人工灌木穿透雨相关研究的案例积累依然很少[16-17]。一般认为,相较于气象因子,生物因子(如冠层形态结构)对穿透雨的影响作用是有规律的和可预测的[18]。例如,冠层开放度与穿透雨往往存在很好的正相关性[19]。但是相同因子对于不同植物的影响作用也可能完全相反,如灌丛穿透雨随距灌丛基部中心距离的远近所表现出的增减趋势[2,20]。对于荒漠草原大面积存在的人工中间锦鸡儿林(多以带状行生存在),灌丛个体的形态发育与自然散生中间锦鸡儿存在很大的差异,这种差异是否会影响人工中间锦鸡儿冠层降水分配格局及其转换土壤水的有效性,对于分析这种人工植被稳定性维持的生态水文机理具有一定的价值。同样,自然生长灌木得出的冠层水文过程规律是否适用于这种特殊的人工植被,也需要进一步的验证。

据此,笔者选择荒漠草原典型成龄退化带状人工中间锦鸡儿为对象(行生中间锦鸡儿),以自然散生中间锦鸡儿为对照,利用野外布置的穿透雨收集装置,连续监测了不同降水事件下穿透雨量及其空

① **收稿日期:** 2018-04-06; **修订日期:** 2018-07-28
基金项目: 宁夏高等学校科研项目(NGY2018041);国家自然科学基金项目(31460161);宁夏大学西部一流学科建设项目(NXYLXK2017B06);宁夏大学西部一流大学建设项目(GZXM2017001)资助
作者简介: 杨新国(1976-),男,博士,副研究员,主要研究方向为旱区生态水文学与生态恢复. E-mail: xinguoyang1976@163.com

间分布变化,通过穿透雨发生与降水特征、灌丛穿透雨异质性分布对降水的响应等方面的系统比较分析,试图揭示中间锦鸡儿穿透雨的基本发生与分布规律,行生和散生状态下穿透雨的区别,为分析评价荒漠草原人工带状中间锦鸡儿林植被格局稳定性提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区背景

研究区位于宁夏盐池县,地处毛乌素沙漠南缘,在地貌上为黄土高原向鄂尔多斯台地过渡地带,也属于中国北方农区向牧区过渡的农牧交错带,半干旱向干旱过渡的气候区域和干草原向荒漠过渡的植被地带。属于中温带半干旱区,为大陆性气候,干燥少雨、蒸发量大、冬春季节风沙较大,年平均气温 8.2 ℃,降雨年际变率大,地表水、地下水资源匮乏,多年平均降水量 280 mm 左右,降雨比较集中的月份为 7—9 月。年均蒸发量 2 710 mm,大风日(风速大于 17 $m \cdot s^{-1}$)多发生于春季,年均 24.2 d。土壤类型主要为灰钙土、风沙土等,土壤结构松散,极易受风蚀影响。研究区植被类型包括灌丛、草原、草甸、沙生植被和荒漠植被等,以灌丛、草原和沙生植被广泛分布为主,其中灌丛主要为自然或人工中间锦鸡儿灌木林。

1.2 试验样地的选择与穿透雨的收集

本研究所选取的人工中间锦鸡儿林,林龄 30 a(1987 年种植),按两行一带配置,带距 6 ~ 8 m,株行距都是 1 m;在林带边缘间或有成片的散生中间锦鸡儿林出现。中间锦鸡儿灌丛的老化集中在行带依然完整的片区,而散生中间锦鸡儿灌丛一般生长发育都比较健壮。相对于散生中间锦鸡儿,行生中间锦鸡儿的老化主要体现在灌丛高度降低,分枝短小,冠层面积减小,灌丛开放度提高。2016 年 8—10 月分别在行生中间锦鸡儿和散生中间锦鸡儿区设置标准试验样地(50 m × 50 m),在试验样地内,随机选取中间锦鸡儿灌丛 6 丛(行生中间锦鸡儿编号为 A1 ~ A6,散生中间锦鸡儿编号为 B1 ~ B6),开展穿透雨收集与分析试验。同时,通过样地内布设的小型自动气象站监测获取降水数据。

穿透雨的收集方法,在中间锦鸡儿灌丛下方,以基部为圆心,分别在 0°、90°、180°、270°辐射方向上,以冠幅大小为依据,从冠层中心到边缘等距离放置直径为 13 cm、外缘高 2 cm 的聚乙烯漏斗 3 ~ 4 个,在漏斗下方放置一个下部埋入土壤的 1 500 ~ 2 000 mL 聚乙烯瓶,收集穿透雨。每次降水事件后随即收集称量。

1.3 数据分析处理方法

对所测穿透雨量除以容器接受降雨的面积,平均值则为整个冠层的穿透雨量。基于穿透雨量与降水量的比值,折算穿透雨百分比。次降水事件的降水量、降水强度和降水历时根据自动气象站监测数据统计换算。基于 SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, USA),采用 *t*-tests 完成了行生和散生中间锦鸡儿穿透雨的差异显著性分析($P < 0.05$),采用线性函数和幂函数拟合了穿透雨与降水特征值间的回归关系;采用克里金插值方法拟合了灌丛穿透雨百分比的空间分布格局。

2 结果与讨论

2.1 试验期间降水分布特征

图 1 显示了试验期间(2016 年 8—10 月)逐日降水量(图 1a)、降水持续时间(图 1b)、降水强度(图 1c)。共观测到降雨 18 次,降水总量为 162.4 mm。单次降雨最小值为 0.2 mm,最大值为 40.2 mm。从降雨分配上看,降雨量为 <2 mm、2 ~ 5 mm、5 ~ 10 mm、10 ~ 20 mm 和 >20 mm 5 个降雨等级的降雨次数分别为 5 次、5 次、2 次、4 次和 2 次;累计降雨分别为 5.4 mm、16.4 mm、15.4 mm、51.8 mm 和 73.4 mm;分别占总降雨量的 3.33%、10.1%、9.48%、31.9% 和 45.2%。降雨量 >5 mm 的降雨次数为 8 次,占总观测降雨次数的 44%,降雨量占总降雨量的 86.58%。降雨强度分析表明,最小降雨强度为 0.2 $mm \cdot h^{-1}$,最大降雨强度为 3.7 $mm \cdot h^{-1}$,其中 <1 $mm \cdot h^{-1}$ 的降雨为 9 次,累计降雨量为 21.6 mm,占总降雨量的 13.3%。降雨强度为 1 ~ 2 $mm \cdot h^{-1}$、2 ~ 3 $mm \cdot h^{-1}$ 和 3 ~ 4 $mm \cdot h^{-1}$ 的降雨次数分别为 4 次,3 次和 2 次,累计降雨量分别为 32.4 mm、84.2 mm 和 24.2 mm,分别占总降雨量的 19.95%、51.85% 和 14.9%。

2.2 穿透雨发生特征的比较

在 2016 年对 18 次降雨进行穿透雨测量,这些降雨事件中的每一个降雨特征以及两种灌木类型下的穿透雨量的统计属性如表 1 所示。散生中间锦鸡儿的穿透雨量为 0.08 ~ 37.78 mm,占总降雨量的

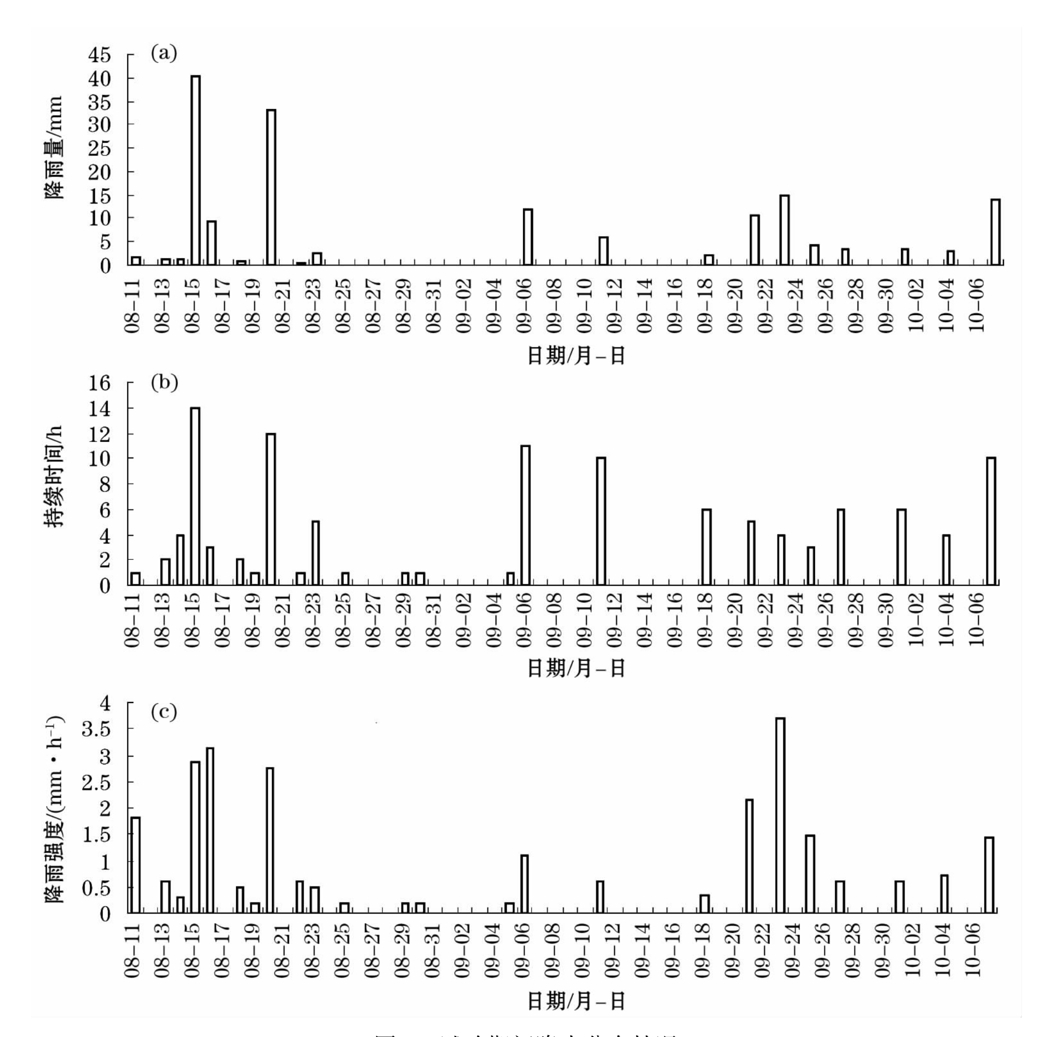


图1 试验期间降水分布情况

Fig. 1 Distribution of precipitation during the test

表1 试验期间的降水特征及中间锦鸡儿穿透雨特征的统计分布属性

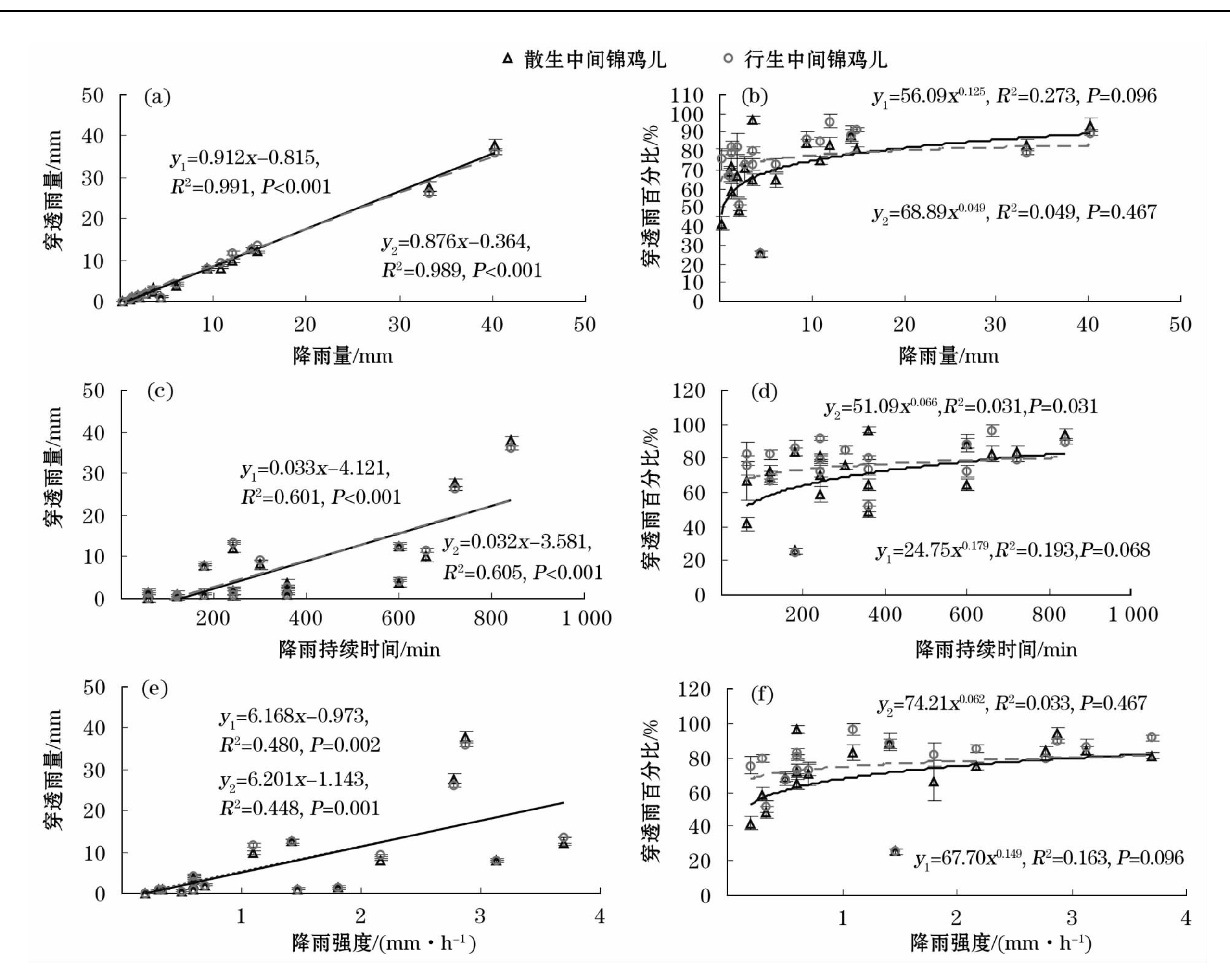
Tab. 1 Statistical results of precipitation and throughfall of *Caragana intermedia* during the test

	降雨			散生中间锦鸡儿		行生中间锦鸡儿	
	降雨量/mm	降雨强度/(mm·h^{-1})	持续时间/min	穿透雨/mm	穿透雨百分比/%	穿透雨/mm	穿透雨百分比/%
平均值	9.0	1.4	347	7.42	70.47	7.54	76.67
最小值	0.2	0.2	60	0.08	25.62	0.15	25.38
最大值	40.2	3.7	840	37.78	96.46	36.13	96.09
Cv/%	124	80	69	138	26	131	21

25.62%~96.46%;行生中间锦鸡儿的穿透雨量为0.15~36.13 mm,占穿透雨总降雨量的25.38%~96.09%。散生(70.47%)和行生(76.67%)中间锦鸡儿穿透雨百分比无显著性差异($P>0.05$),说明这种分布格局的差异对穿透雨形成影响不大。横向比较来看,中间锦鸡儿穿透雨百分比平均值高于地中海灌木的平均值(49%)[21],与美国北部的奇瓦瓦沙漠中的苜蓿(64.7%)和腺牧豆树(62.8%)类似[22-23],但是略低于墨西哥东北山毛榉(78.1%)[24]。

2.3 穿透雨对降水变化的响应

行生和散生中间锦鸡儿穿透雨量与降雨量(图2a)、持续时间(图2c)具有极显著的线性关系($P<0.01$),而与降雨强度的关系相对较弱(图2e);穿透雨的百分比与降雨量、降雨强度(图2f)和持续时间(图2d)都遵循幂函数分布,随着降雨量增加,穿透雨百分比变化逐渐趋于稳定。这与Zhang等[16]关于中间锦鸡儿的研究结果基本一致,反映了随降水增强,冠层对雨水的遮挡能力减弱,大部分雨水可以



注：y_1 代表散生中间锦鸡儿，y_2 代表行生中间锦鸡儿。

图 2　穿透雨量、穿透雨百分比与降雨特征参数的回归拟合关系

Fig. 2　Regression relationship between throughfall, throughfall percentage and rainfall characteristic parameter

穿透冠层直达地面[25]；对于较小的降雨事件，大部分降雨被冠层拦截，自由通过的雨水是穿透雨的最主要部分。而在冠层拦截雨水量达到饱和后，随着总降水量的增加，开始释放雨水量（从树叶和树枝滴落）[26]。

2.4　灌丛穿透雨的空间分布特征

灌丛穿透雨百分比与穿透雨距灌丛基部距离之间的关系可以用线性函数来描述（图 3）。从灌木基部依次向外，收集到的穿透雨依次为穿透雨 1、穿透雨 2 和穿透雨 3。对于散生中间锦鸡儿来说（图 3a），随着穿透雨百分比距离基部距离的增大，6 个灌丛（B1～B6）穿透雨百分比均明显增大，即穿透雨 1 穿透雨 2 穿透雨 3。线性拟合函数斜率最大值为 0.82，最小值为 0.20，均值为 0.39，斜率越大，说明穿透雨增大的趋势越明显。行生中间锦鸡儿（图 3b）随着穿透雨百分比距离基部的距离的增大，6 个灌丛（A1～A6）中有 4 个穿透雨百分比均明显增大，即穿透雨 1 穿透雨 2 穿透雨 3，其他两个变化不大。4 个穿透雨增大的灌木中，斜率的最大值为 0.53，最小值为 0.12，均值为 0.36，低于散生中间锦鸡儿。这与 Li 等[2]研究结果基本一致，两个变化不明显的灌丛则与 Keim 等[27]的研究结果近似；Fan 等[20]的结果甚至是一种反向的线性变化趋势。灌丛穿透雨一维线性分布特征可能是灌木种的特异性，与灌木种所特有的冠层形态有很大关系。

基于克里金插值的方法研究了穿透雨百分比在灌丛的二维空间分布规律（图 4 和图 5；分别以 B4 和 A2 灌丛为例）。散生中间锦鸡儿（图 4）“旱区”多集中出现在灌木的基部，降雨量为 6 mm 和 12 mm 时最为明显，“雨极”则多出现在冠层外围或无显著雨极发生之处；整体表现出从内到外穿透雨百分比渐次增加的格局。行生中间锦鸡儿（图 5）雨极和旱区的分布相对较为复杂，局部旱区和雨极多伴生交错分布，但是随降水量变化并未出现显著的集

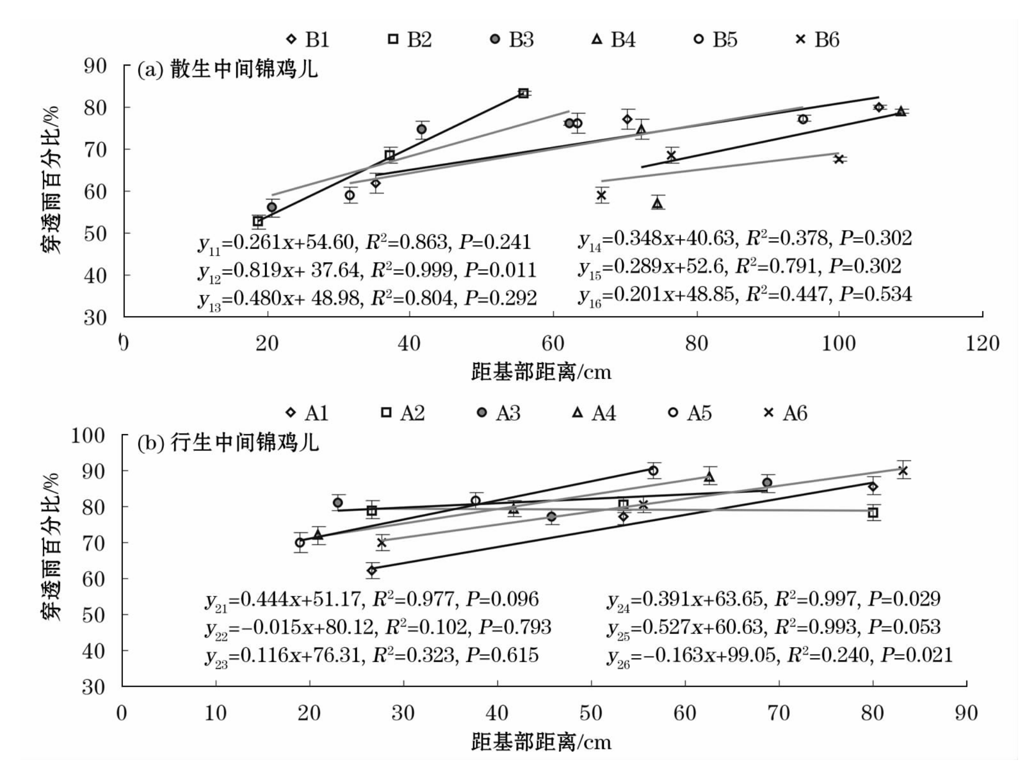
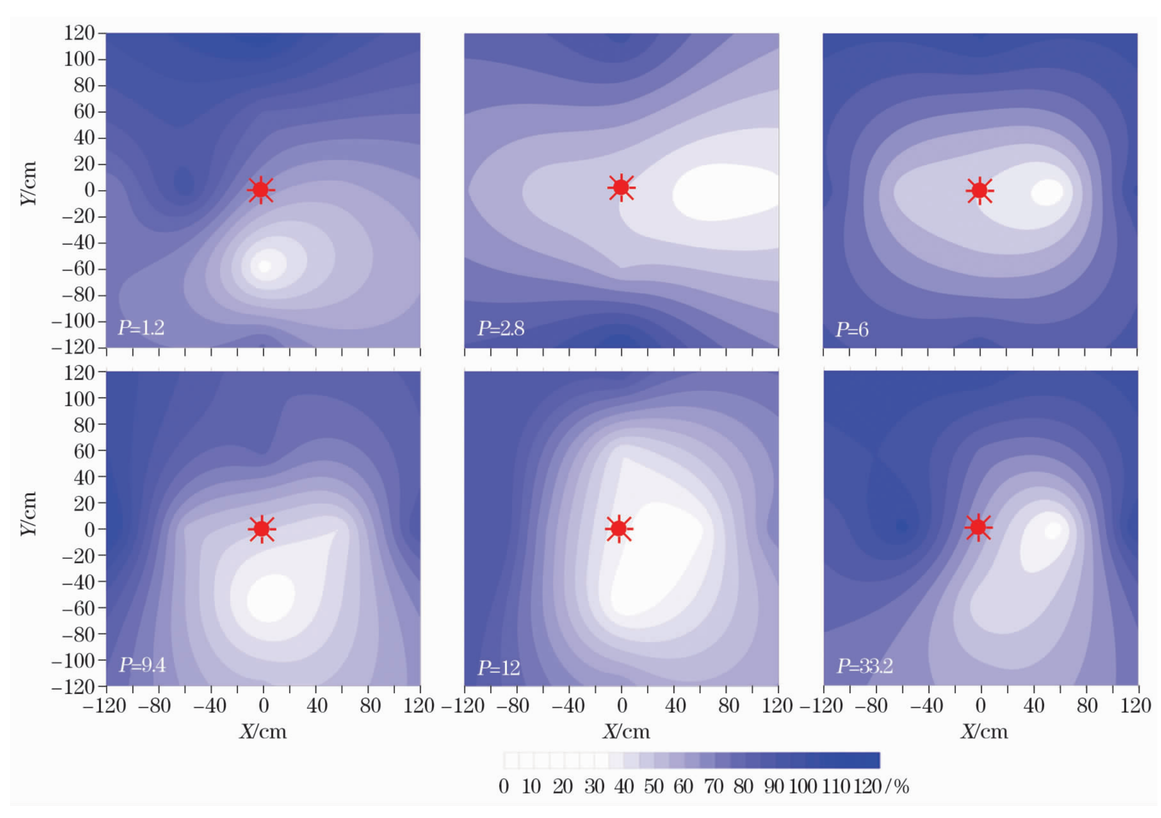


图 3 穿透雨随距基部距离远近的变化

Fig. 3 The change of thoughfall percentage with the distance to shrub base



注:颜色较深的区域看做穿透雨百分比极少的区域,称为“旱区”,颜色较浅的区域看做穿透雨百分比集中的区域,称为“雨极”,字母 P 表示降雨量(mm),红色太阳标记代表灌丛中心。下同。

图 4 散生中间锦鸡儿灌丛穿透雨百分比空间分布(以 B4 为例)

Fig. 4 Spatial distribution of throughfall percentage under scattered *Caragana intermedia* plants (took B4 as an example)

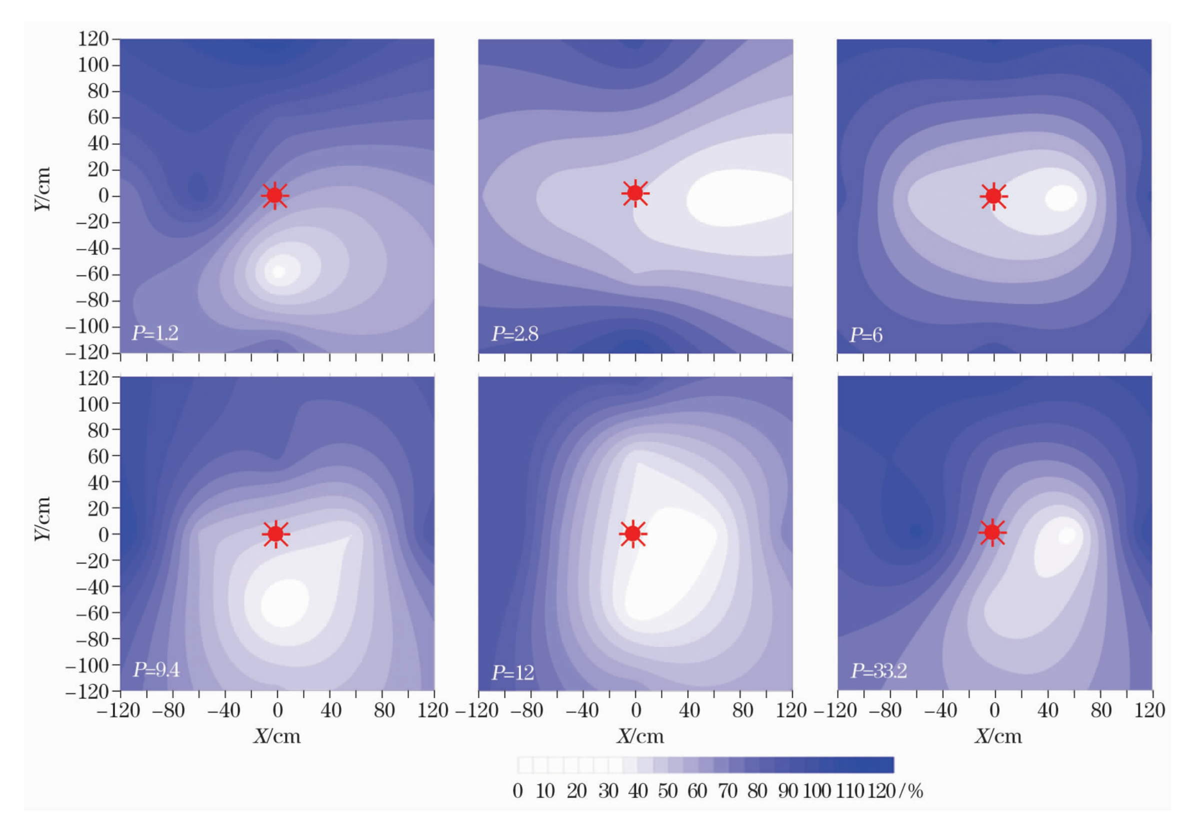


图 5　行生中间锦鸡儿灌丛穿透雨百分比空间分布(以 A2 为例)

Fig. 5　Spatial distribution of throughfall percentage under row *Caragana intermedia* plants (took A2 as an example)

中分布或趋向性变化规律。从有限的研究案例比较看,散生中间锦鸡儿与沙蒿[16],行生中间锦鸡儿与中间锦鸡儿[16]的空间分布格局分别具有一定的相似性。

3　结论与展望

总体而言,行生或散生的生长格局对中间锦鸡儿灌丛冠层穿透雨产生的影响不明显,但是对其冠层下的分布有显著的影响。散生和行生中间锦鸡儿穿透雨的一般统计分布特征无显著区别,降雨量、降雨历时、降雨强度和穿透雨量都具有高度显著的线性关系,穿透雨百分比与降水特征参数以幂函数拟合为主。穿透雨具有明显的灌丛空间异质性分布特征。穿透雨百分比随距灌丛基部距离的增加而线性增加。“旱区”集中出现在散生中间锦鸡儿灌木的基部,向外穿透雨百分比逐步提高;行生中间锦鸡儿分布更为复杂,甚至出现多个“旱区”和“雨极”镶嵌分布的情况,规律性不明显。考虑到穿透雨对灌丛土壤水分格局与有效性的影响,行生中间锦鸡儿冠层开放度的提高,总体上应该有利于降水对土壤水的补充。鉴于其空间格局的复杂性以及考虑潜在蒸发的提高,其环境效应还有待进一步研究。

参考文献(References):

〔1〕 Rietkerk M, Van de Koppel J. Regular pattern formation in real ecosystems〔J〕. Trends in Ecology and Evolution, 2008, 23(3): 169 – 175.

〔2〕 杨新国,赵伟,陈林,等. 荒漠草原人工中间锦鸡儿林土壤与植被的演变特征〔J〕. 生态环境学报, 2015, 24(4): 590 – 594. 〔Yang Xinguo, Zhao Wei, Chen Lin, et al. Evolution characteristics of soil and vegetation in artificial *Caragana* forest in desert steppe〔J〕. Ecology and Environment Sciences, 2015, 24(4): 590 – 594.〕

〔3〕 宋乃平,杨明秀,王磊,等. 荒漠草原区人工中间锦鸡儿林土壤水分周年动态变化〔J〕. 生态学杂志, 2014, 33(10): 2 618 – 2 624. 〔Song Naiping, Yang Mingxiu, Wang Lei, et al. Annual dynamic change of soil moisture in artificial *Caragana* forest in desert steppe region〔J〕. Chinese Journal of Ecology, 2014, 33(10): 2 618 – 2 624.〕

〔4〕 翟德苹,陈林,杨明秀,等. 荒漠草原不同生长年限中间锦鸡儿灌丛枝系构型特征〔J〕. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2015, 41(3): 340 – 348. 〔Zhai Deping, Chen Lin, Yang Mingxiu, et al. Conformation characteristics of *Caragana intermedia* in different growth years of desert steppe〔J〕. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences), 2015, 41(3): 340 – 348.〕

〔5〕 Li X Y,Hu X,Zhang Z H,et al. Shrub hydropedology:Preferential water availability to deep soil layer〔J〕. Vadose Zone Journal,2013,12(4):1 742 – 1 751.

〔6〕 戴岳,郑新军,李彦,等. 古尔班通古特沙漠梭梭和白梭梭树干茎流特征〔J〕. 干旱区研究,2013,30(5):867 – 872.〔 Dai Yue,Zheng Xinjun,Li Yan,et al. Stem flow of *Haloxylon ammodendron* and *H. persicum* in the gurbantonggut desert〔J〕. Arid Zone Research,2013,30(5):867 – 872.〕

〔7〕 田丽,王孝安,李晓炜. 毛乌素沙地东南缘植被恢复中优势灌木的保育作用分析〔J〕. 干旱区研究,2016,33(6):1 202 – 1 208.〔Tian Li,Wang Xiao'an,Li Xiaowei. Nurse effect of dominant shrubs in vegetation regeneration in the southeastern marginal zone of the Mu Us sandland〔J〕. Arid Zone Research,2016,33(6):1 202 – 1 208.〕

〔8〕 Johnson M S,Lehmann J. Double-funneling of trees:Stem flow and root-induced preferential flow〔J〕. Ecoscience,2006,13(3):324 – 333.

〔9〕 Navar J,Gonzalez J M,Gonzalez H. Gross precipitation and through fall chemistry in legume species planted in Northeastern Mexico〔J〕. Plant and Soil,2009,318(1 – 2):15 – 26.

〔10〕 Zhang Y F,Wang X P,Hu R,et al. Stem flow in two xerophytic shrubs and its significance to soil water and nutrient enrichment〔J〕. Ecological Research,2013,28(4):567 – 579.

〔11〕 Vega J A,Fernandez C,Fonturbel T. Throughfall,runoff and soil erosion after prescribed burning in gorse shrubland in Galicia(NW Spain)〔J〕. Land Degradation & Development,2005,16(1):37 – 51.

〔12〕 Van Stan J T,Pypker T G. A review and evaluation of forest canopy epiphyte roles in the partitioning and chemical alteration of precipitation〔J〕. Science of the Total Environment,2015,536:813 – 824.

〔13〕 Dohnal M,Cerny T,Votrubova J,et al. Rainfall interception and spatial variability of throughfall in spruce stand〔J〕. Journal of Hydrology and Hydromechanics,2014,62(4):277 – 284.

〔14〕 Tanaka N,Levia D,Igarashi Y,et al. Throughfall under a teak plantation in Thailand:A multifactorial analysis on the effects of canopy phenology and meteorological conditions〔J〕. International Journal of Biometeorology,2015,59(9):1 145 – 1 156.

〔15〕 Van Stan J T,Gay T E,Lewis E S. Use of multiple correspondence analysis(MCA) to identify interactive meteorological conditions affecting relative throughfall〔J〕. Journal of Hydrology,2016,533:452 – 460.

〔16〕 Zhang Y F,Wang X P,Hu R,et al. Throughfall and its spatial variability beneath xerophytic shrub canopies within water-limited arid desert ecosystems〔J〕. Journal of Hydrology,2016,539:406 – 416.

〔17〕 Zhang Y F,Wang X P,Hu R,et al. Meteorological influences on process-based spatial-temporal pattern of throughfall of a xerophytic shrub in arid lands of Northern China〔J〕. Science of the Total Environment,2018,619 – 620:1 003 – 1 013.

〔18〕 Levia D F,Frost E E. Variability of throughfall volume and solute inputs in wooded ecosystems〔J〕. Progress in Physical Geography,2006,30(5):605 – 632.

〔19〕 Rosier C L,Van Stan J T,Moore L D,et al. Forest canopy structural controls over throughfall affect soil microbial community structure in an epiphyte-laden maritime oak stand〔J〕. Ecohydrology,2016,8(8):1 459 – 1 470.

〔20〕 Fan J L,Oestergaard K T,Guyot A,et al. Spatial variability of throughfall and stemflow in an exotic pine plantation of subtropical coastal Australia〔J〕. Hydrology Process,2015,29(5):793 – 804.

〔21〕 Llorens P,Domingo F. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions:A review of studies in Europe〔J〕. Journal of Hydrology,2007,335(1 – 2):37 – 54.

〔22〕 Martinez-Meza E,Whitford W G. Stem flow,throughfall and channelization of stem flow by roots in three Chihuahuan desert shrubs〔J〕. Journal of Arid Environment,1996,32(3):271 – 287.

〔23〕 Whitford W G,Anderson J,Rice P M. Stem flow contribution to the fertile island effect in creosotebush,Larrea tridentata〔J〕. Journal of Arid Environment,1997,35(3):451 – 457.

〔24〕 Navar J,Charles F,Jurado E. Spatial variations of interception loss components by *Tamaulipan thornscrub* in northeastern Mexico〔J〕. Forest Ecology and Management,1999,124(2 – 3):231 – 239.

〔25〕 Carlyle-Moses D E,Laureano J S F,Price A G. Throughfall and throughfall spatial variability in Madrean oak forest communities of northeastern Mexico〔J〕. Journal of Hydrology,2004,297(1 – 4):124 – 135.

〔26〕 Rutter A,Kershaw K,Robins P,et al. A predictive model of rainfall interception in forests,1. Derivation of the model from observations in a plantation of Corsican pine〔J〕. Agricultural Meteorology,1972,9:367 – 384.

〔27〕 Keim R F,Skaugse A E,Weiler M. Temporal persistence of spatial patterns in throughfall〔J〕. Journal of Hydrology,2005,314(1 – 4):263 – 274.

Occurrence and Distribution of Throughfall under *Caragana intermedia* Canopy in Desert Steppe

YANG Xin-guo[1,2,3], GU Jun-long[1,2,3], WANG Xing[1,2,3], CHEN Lin[1,2,3], WANG Lei[1,2,3], SONG Nai-ping[1,2,3], QU Wen-jie[1,2,3]

(1. *Northwest National Key Laboratory Breeding Base for Land Degradation and Ecological Restoration, Ningxia University, Yinchuan* 750021, *Ningxia, China*;
2. *Key Laboratory of Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystems, Ministry of Education, Ningxia University, Yinchuan* 750021, *Ningxia, China*;
3. *Joint Research Center for Ecological and Biological Resources Development in Western China, Ningxia University, Yinchuan* 750021, *Ningxia, China*)

Abstract: The rainfall redistribution through canopy is of important eco-hydrological significance for the survival of shrubs. The *Caragana intermedia* plantation in large area in desert steppe is mostly zonal, and the growth mode and morphological characteristics of natural sporadic *C. intermedia* plants are quite different. Whether this difference affecting the distribution of precipitation through canopy is necessary to be further verified. The eco-hydrological mechanism of vegetation stability of adult *C. intermedia* plantation in desert steppe should be further understood. The occurrence and distribution of throughfall under *C. intermedia* canopy in two different growth patterns (scattered and row distribution) were compared and analyzed by monitoring precipitation redistribution in 18 different rainfall events in 2016. The results showed that the throughfall percentage of scattered *C. intermedia* plants was 25.6% –96.5%, that of row ones was 25.4% –96.1%, and the coefficients of variation was 23% and 19% respectively. The mean values of throughfall were similar and for 7.55 mm and 7.40 mm respectively. Rainfall, rainfall duration, and rainfall intensity had a very significant linear relationship with thoughfall depth, but the relationship between throughfall percentage and characteristic parameters of precipitation was complex, which was dominated by power function, and the fitting significance of scattered *C. intermedia* plants was better than that of row ones. The distribution of throughfall under canopy was spatial heterogeneity. Generally, throughfall percentage was increased linearly with the increase of distance from shrub base. The "dry area" of throughfall was concentrated at the base of scattered *C. intermedia* plants, however, the distribution of row ones was more complex. Mosaic distribution of dry areas and rain pole was found for row *C. intermedia* plants. The different growth patterns of *C. intermedia* plants did not significantly affect the throughfall depth, but the spatial distribution pattern of throughfall under canopy was significantly changed, which might further affect the process of the conversion from precipitation to soil water.

Key words: throughfall; *Caragana intermedia*; spatial heterogeneity; rainfall; desert steppe; Yanchi county